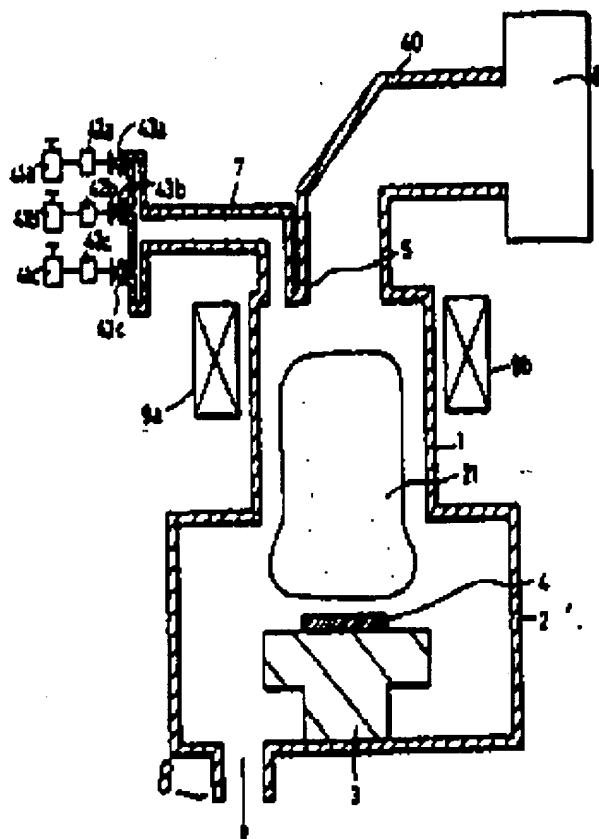


AN: PAT 1991-275101
TI: Cleaning semiconductors during mfr. applying reactive gas
and using plasma produced in vessel processing substrate
PN: **DE4107329-A**
PD: 12.09.1991
AB: A process vessel (1,2) receives a substrate (4) in which
the pattern or trenches are to be formed. A supply device (7)
feeds in a reactive gas that reacts with the impurities on the
substrate to form reactive ions removing or converting the
impurities. A device (6) produces a plasma of the reactive gas
by use of electron-cyclotron resonance to produce reactive ions
from the gas fed into the process vessel. The plasma prodn.
device pref., includes a device (6) feeding microwaves into the
vessel, and a device (9) producing a magnetic field in it. The
gas may contain atoms from the group fluorine, chlorine,
bromine and iodine.; Cleaning inside vessel avoids exposure to
air. @(16pp DWg.No.1/9)@
PA: (MITQ) MITSUBISHI DENKI KK;
IN: AKAZAWA M; ISHIDA T; KAWAI K; MARUYAMA T; OGAWA T;
FA: **DE4107329-A** 12.09.1991; US5474615-A 12.12.1995;
JP03261138-A 21.11.1991; **DE4107329-C2** 08.07.1993;
CO: DE; JP; US;
IC: C03C-015/00; C23F-001/00; H01L-021/30; H01L-021/306;
H01L-021/321; H01L-021/90; H05H-001/46;
MC: U11-C04A1; U11-C07A1;
DC: U11;
FN: 1991275101.gif
PR: JP0059304 09.03.1990;
FP: 12.09.1991
UP: 12.12.1995

BEST AVAILABLE COPY

This Page Blank (uspto)



This Page Blank (uspto)



①⑨ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Patentschrift
⑩ DE 41 07 329 C 2

⑳ Aktenzeichen: P 41 07 329.0-33
㉑ Anmeldetag: 7. 3. 91
㉒ Offenlegungstag: 12. 9. 91
㉓ Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 8. 7. 93

⑤① Int. Cl.⁵:
H 01 L 21/306
H 01 L 21/321
H 01 L 21/90
C 23 F 1/00
H 05 H 1/46

DE 41 07 329 C 2

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

③① Unionspriorität: ③② ③③ ③①

09.03.90 JP 2-59304

⑦③ Patentinhaber:

Mitsubishi Denki K.K., Tokio/Tokyo, JP

⑦④ Vertreter:

Prüfer, L., Dipl.-Phys., Pat.-Anw., 8000 München

⑦② Erfinder:

Ishida, Tomoaki; Kawai, Kenji; Akazawa, Moriaki;
Maruyama, Takahiro; Ogawa, Toshiaki, Itami,
Hyogo, JP

⑤⑥ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht gezogene Druckschriften:

US 44 62 863
US 43 30 384
EP 03 13 855 A2
JP 64-30 224

JP 1-30224 A. In: Patents Abstracts of Japan, E-761,
22. May 1989, Vol. 13, No. 218;
JP 63-99535 A. In: Patents Abstracts of Japan, E-657,
12. Sept. 1988, Vol. 12, No. 337;
Allred, D. et.al.: Film redeposition on vertical
surfaces during reactive ion etching. In: J. Vac. Sci.
Technol. B7(3), May/Jun 1989, pp. 505-511;
Potts, H.R.: Plasma Corrosion Inhibition. In: IBM
TDB, Vol. 24, No. 11B, April 1982, p. 6001;
Abraham, T.: Correlation of Postetch Residues to
Deposition Temperature in Plasma Etched
Aluminium Alloys. In: J. Electrochem. Soc.:
Solid-State Science and Technology, Vol. 134, No. 11,
Nov. 1987, pp. 2809-2814;
Ono, T. et.al.: Reactive ion streametching utilizing
electron cyclotron resonance plasma. In: J. Vac. Sci.
Technol. B4(3), May/Jun 1986, pp. 696-700;
JP 2-49423 A In: Patents Abstracts of Japan, E-923, 7.
May 1990, Vol. 14, No. 213;
Cooke, M.J. and Pelletier, J.: Ion Mass Effects on the
Plasma Etching Characteristic of Si and SiO₂. In: J.
Electrochem. Soc., Vol. 136, No. 6, June 1989,
pp. 1824-1826;
JP 62-145732 A. In: Patents Abstracts of Japan,
E-563, 8. Dec. 1987, Vol. 11, No. 376;
JP 60-37129 A. In: Patents Abstracts of Japan, E-326,
4. July 1985, Vol. 9, No. 159;
JP 1-313934 A. In: Patents Abstracts of Japan, E-898,
5. March 1990, Vol. 14, No. 117;

DE 41 07 329 C 2

⑤④ Verfahren zum Reinigen von Halbleitereinrichtungen

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Reinigen von Halbleitereinrichtungen.

In einem Verfahren zum Herstellen von Halbleitereinrichtungen ist ein Schritt des Ätzverfahrens zum Bilden feiner Verbindungsmuster enthalten. Bei diesem Ätzverfahren wird häufig das Plasmaätzen unter Einsatz eines Plasmas aus reaktivem Gas oder das reaktive Ionenätzen (im folgenden als "RIE" bezeichnet) eingesetzt.

Wie in Fig. 7 gezeigt ist, weist ein Prozeßgerät einen hohlen Container oder Behälter 10 auf. In dem Prozeßbehälter 10 sind eine Hochfrequenzelektrodenplatte 11 und eine Hochfrequenzelektrodenplatte 12, die sich gegenüberstehend vorgesehen sind, enthalten. Eine Auslaßöffnung 8 zum Auslassen des Gases in dem Prozeßbehälter 10 zum Erzeugen eines Vakuums in dem Behälter ist in dem unteren Abschnitt des Prozeßbehälters 10 vorgesehen. Eine Gaseinlaßöffnung 7 zum Einlassen eines reaktiven Gases in den Prozeßbehälter 10 ist in dem oberen Abschnitt des Prozeßbehälters vorgesehen. Ein Ausgang einer Hochfrequenzleistungsquelle 13 ist direkt mit der in dem oberen Abschnitt vorgesehenen Hochfrequenzelektrodenplatte 11 verbunden. Der andere Ausgang der Hochfrequenzleistungsquelle 13 ist mit der in dem unteren Abschnitt vorgesehenen Hochfrequenzelektrodenplatte 12 durch einen Kondensator 14 verbunden. Ein zu behandelndes Substrat 4 ist auf der in dem unteren Abschnitt vorgesehenen Hochfrequenzelektrodenplatte 12 angeordnet.

Als nächstes wird das Verfahren zum Ätzen eines Aluminiumlegierungsfilmes zum Bilden eines Verbindungsmusters unter Benutzung des oben beschriebenen RIE-Gerätes beschrieben.

Wie in Fig. 8A gezeigt ist, wird ein Siliciumoxidfilm 17 auf einem Halbleitersubstrat 18 gebildet. Ein Aluminiumlegierungsfilm 16, der ein Verbindungsmuster bilden soll, wird auf dem Siliciumoxidfilm 17 gebildet. Ein Photolackmuster 15 mit einer vorbestimmten Form wird auf dem Aluminiumlegierungsfilm 16 gebildet.

Das zu behandelnde Substrat 4 wird auf der in dem unteren Abschnitt vorgesehenen Hochfrequenzelektrodenplatte 12 angeordnet, wie in Fig. 7 gezeigt ist. Als nächstes wird ein chlorhaltiges reaktives Gas (z. B. BCl_3 , SiCl_4 , Cl_2 , CCl_4 usw.) in den Prozeßbehälter 10 durch die Gaseinlaßöffnung 7 eingeführt und nach einer gewissen Zeit durch die Auslaßöffnung 8 wieder abgeführt. Bei diesem Vorgang wird das Innere des Prozeßbehälters 10 auf einem vorbestimmten Druck gehalten. Wenn bei dieser Bedingung die Hochfrequenzleistungsquelle 13 eingeschaltet wird, wird eine Hochfrequenzspannung zwischen der Hochfrequenzelektrodenplatte 11 und der Hochfrequenzelektrodenplatte 12 angelegt. Durch das Anlegen der Hochfrequenzspannung wird ein Plasma des reaktiven Gases vom Chlortyp zwischen der Hochfrequenzelektrodenplatte und der Hochfrequenzelektrodenplatte 12 zum Bilden eines Plasmabereiches 21 in dem Prozeßbehälter 10 gebildet. Wenn die oben beschriebene Bedingung in dem Prozeßbehälter 10 erreicht ist, ist die Hochfrequenzelektrodenplatte 12 (auf der das zu behandelnde Substrat 4 angeordnet ist) negativ aufgeladen. Dann wird ein starker elektrischer Feldbereich, der als Hüllen- oder Mantelbereich 22 bezeichnet wird, zwischen dem Plasmabereich 21 und der Hochfrequenzelektrodenplatte 12 gebildet. Die Geschwindigkeit, mit der sich die in dem Plasma reaktiven Ionen abwärts bewegen, wird durch das elektrische Feld

dieses Hüllenbereiches beschleunigt, wodurch sie auf die Hochfrequenzelektrodenplatte 12 und auf das zu behandelnde Substrat 4 auftreffen. Wie in Fig. 8B gezeigt ist, wird allmählich der Aluminiumlegierungsfilm 16 durch das Auftreffen der reaktiven Ionen geätzt, wodurch ein Verbindungsmuster 16a zu dem Zeitpunkt, an dem das Ätzen beendet ist, gebildet wird, wie in Fig. 8C gezeigt ist.

Bei den oben beschriebenen Schritten werden, wie insbesondere in den Fig. 8B und 8C gezeigt ist, abgeschiedene Filme 19, die im wesentlichen aus den Produkten der Ätzreaktion zusammengesetzt sind, auf den Seitenwänden des Verbindungsmusters 18a gebildet. Wenn chlorartige Gase, wie BCl_3 , SiCl_4 , Cl_2 , CCl_4 als reaktive Gase eingesetzt werden, werden abgeschiedene Filme 19, die aus kompliziert zusammengesetzten Aluminiumchloriden, Kohlenstoff, Silicium usw. bestehen, gebildet. Wenn das zu bildende Substrat 4 bei den in Fig. 8C gezeigten Bedingungen, d. h. wenn die abgeschiedenen Filme 19 gebildet sind, an der Luft belassen wird, tritt ein ernstes Problem auf. Das liegt daran, daß mit dem einen großen Anteil von Chlorverbindungen enthaltenden abgeschiedenen Film 19 die Chlorverbindungen mit Feuchtigkeit in der Luft zum Erzeugen von HCl reagieren. Wenn HCl auf den Seitenwänden des aus Aluminiumlegierung gebildeten Verbindungsmusters 16a gebildet, findet eine Korrosion des Aluminiums statt. Die Geschwindigkeit der Korrosion ist so schnell, daß ein Verbindungsmuster mit einer Breite von einigen μm im schlimmsten Fall in einigen Minuten abgeschnitten wird. Daher ist es zum Verhindern dieser Korrosion notwendig, die an den Seitenwänden des Verbindungsmusters 16a anhaftenden Chlorverbindungen ausreichend zu entfernen oder ihre Art in andere Substanzen zu ändern, die keine Korrosion bewirken.

Als nächstes wird ein Verfahren zum Verhindern von Korrosion der Seitenwände eines Verbindungsmusters beschrieben.

Wie in den Fig. 8C und 7 gezeigt ist, wird nach dem Ätzen das zu behandelnde Substrat 4 nicht sofort herausgenommen und an die Luft gebracht, sondern das Gas in dem Prozeßbehälter 10 wird herausgepumpt. Danach wird Gas vom Fluortyp wie z. B. CF_4 in den Prozeßbehälter 10 durch die Gaseinlaßöffnung 7 eingeführt, wodurch ein Plasma auf eine Weise ähnlich wie bei dem Ätzen gebildet wird. Dann werden Fluorionen auf die Oberfläche des zu behandelnden Substrates 4 gerichtet, und das Chlor der Chlorverbindungen, die in den abgeschiedenen Filmen 19 vorhanden sind, wird durch Fluor ersetzt. Sobald das Chlor in den Chlorverbindungen durch Fluor ersetzt ist, erzeugt eine Reaktion mit der Feuchtigkeit in der Luft kein HCl mehr. Folglich wird das Verbindungsmuster daran gehindert zu korrodieren.

Aus IBM Technical Disclosure Bulletin Vol. 24, Nr. 11B, April 1982, Seite 6001, ist es bekannt, zum Entfernen von anhaftendem Chlor eine Nachbehandlung mit einem Plasma aus Wasserstoff und Stickstoff vorzunehmen.

Bei diesen Verfahren zum Verhindern der Korrosion der Seitenwände von Verbindungsmustern wurde ebenfalls das mit parallelen Elektrodenplatten versehene Plasmaprozeßgerät verwandt, wie es in Fig. 7 gezeigt ist, so daß es schwierig war, direkt reaktive Ionen auf die Seitenwände des Verbindungsmusters 16a zu richten. Der Grund dafür wird als nächstes beschrieben.

Wie in Fig. 3B gezeigt ist, ist der scheinbare Geschwindigkeitsvektor 25 der reaktiven Ionen (CF_3^+)

durch die Summe des Geschwindigkeitsvektors 23 der reaktiven Ionen in dem Plasmabereich 21 und des Geschwindigkeitsvektors 24 in dem Hüllenbereich 22 beschleunigten reaktiven Ionen. Während der erstere Geschwindigkeitsvektor 23 eine statistische Richtungsverteilung aufweist, steht der letztere Geschwindigkeitsvektor 24 senkrecht zu dem zu behandelnden Substrat 4. Bei dem RIE ist die Temperatur der Ionen im Plasma niedrig, so daß die erstere Geschwindigkeit sehr viel kleiner ist als die letztere Geschwindigkeit, so daß die reaktiven Ionen senkrecht auf die Oberfläche des zu behandelnden Substrates auftreffen. Daher treffen die Ionen nicht direkt auf die Seitenwände des Verbindungsmusters 16a auf. Wie in Fig. 8C gezeigt ist, wird das Entfernen oder das Ändern der Art der abgeschiedenen Filme 19 nicht ausreichend ausgeführt, wenn die Ionen (CF_3^+) nicht direkt auf die Seitenwände des Verbindungsmusters 16a auftreffen. Daher sind Schwierigkeiten wie das Abschneiden oder Abtrennen von Verbindungsmustern, wie oben beschrieben wurde, aufzutreten.

Neben dem RIE-Verfahren zum Ausführen von Ätzprozessen bei Halbleitereinrichtungen, wie es eingangs unter Bezugnahme auf die Fig. 7 und 8 beschrieben wurde, ist — etwa aus US 44 62 863, US 43 30 384, J. Vac. Sci. Technol. B 4 (3), Mai/Juni 1986, Seiten 696 bis 700, und JP 2-49 423 A — das ECR-(Elektronencyclotronresonanz-)Verfahren zur Ausführung von Ätzschritten bekannt. Bei diesem Verfahren wird in der Plasmaerzeugerkammer der Prozeßapparatur ein Mikrowellenfeld erzeugt, aus dem die Elektronen des Ätzgases Energie absorbieren, wodurch die Gasmoleküle ionisiert werden. Dadurch wird ein Plasma mit erhöhter Iontemperatur erzeugt, das für bestimmte Ätzvorgänge vorteilhafte Eigenschaften aufweist.

Aus JP 64-30 224 A ist des weiteren ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Behandeln dünner Schichten in einer Halbleitereinrichtung in einem Plasma bekannt, bei denen durch eine geeignete, variable Gestaltung des einwirkenden Magnetfeldes eine hohe Qualität der Seitenwände von mit dem Verfahren bzw. der Vorrichtung zu erzeugenden Strukturen erreicht werden soll.

Dieses Verfahren weist die Schritte des Anordnens eines zu behandelnden Substrates, auf dem ein Muster gebildet wird, in einem Prozeßbehälter, des Einführens eines reaktiven Gases, mit dem das Muster behandelt werden soll, in den Prozeßbehälter und das Erzeugen eines Plasmas des reaktiven Gases zum Erzeugen reaktiver Ionen aus dem reaktiven Gas mit Hilfe eines in seiner Größe und Richtung in Abhängigkeit von der Zeit geeignet gesteuerten äußeren Magnetfeldes auf.

Aus EP 03 13 855 A2 ist es bekannt, Verunreinigungen, die auf den Wänden von Löchern in dielektrischen Substraten anhaften, dadurch zu entfernen, daß die reaktiven Ionen eines Plasmas durch eine geeignete Potentialgebung eine gekrümmte Bahn erhalten und so auf die Wände gerichtet werden.

Aus JP 62-1 45 732 A ist es bekannt, zum Erzeugen von Feinstrukturen in einem Plasmaätzverfahren einem Edelgas (hier Krypton) einen bestimmten kleinen Anteil eines reaktiven Gases (hier Chlor) hinzuzufügen, um eine befriedigende Ätzwirkung zu erzielen, die nur geringe seitliche Komponenten aufweist.

Aus J. Electrochem. Soc., Vol. 136, Nr. 6, Juni 1989, Seiten 1824 bis 1826, sind Untersuchungsergebnisse über den Einfluß der Zugabe von Edelgasen, unter anderem Xenon, zu einem reaktiven Gas bei der Ausführung eines Plasmaätzens von Silicium und Siliciumoxid in ei-

ner Elektronencyclotronresonanz-Plasmaapparatur bekannt. Die Untersuchung bezieht sich insbesondere auf erreichbare Ätzraten und Selektivität beim Ätzprozeß.

Als Stand der Technik, der für die vorliegende Erfindung relevant ist, ist in der japanischen Offenlegungsschrift 63-1 17 426 eine Technik offenbart, die eine Elektronencyclotronresonanz einsetzt zum Erzeugen von ultraviolettem Licht, das zum Reinigen der Oberflächen von zu behandelnden Substraten eingesetzt wird. Dieses Verfahren weist jedoch auch ein Problem auf, daß nämlich die Verunreinigungen, die auf den Seitenwänden eines Verbindungsmusters anhaften, nicht ausreichend entfernt werden, da das ultraviolette Licht, das auf das zu behandelnde Substrat gerichtet wird, nur gerade ausgeht.

Es ist daher Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zum Reinigen von Halbleitereinrichtungen vorzusehen, bei dem Verunreinigungen, die auf den Seitenwänden eines Musters bzw. Verbindungsmusters anhaften oder auf den Seitenwänden von Gräben anhaften, effektiv zu entfernen oder in ihrer Art zu ändern.

Das erfindungsgemäße Verfahren zum Reinigen von Halbleitereinrichtungen weist die Merkmale des Patentanspruchs 1 auf.

Bevorzugte Ausbildungen des Verfahrens sind den Unteransprüchen zu entnehmen.

Gemäß dem Verfahren zum Reinigen von Halbleitereinrichtungen wird ein Plasma eines Gasgemischs aus einem reaktiven Gas und Xenon oder Krypton durch Elektronencyclotronresonanz erzeugt, so daß die Temperatur der reaktiven Ionen in dem Plasma höher wird im Vergleich mit dem Fall, in dem das Plasma durch ein herkömmliches Plasmaverarbeitungsgerät erzeugt wird, bei dem parallele Elektrodenplatten vorgesehen sind und das ohne die Zugabe von Xenon oder Krypton arbeitet. Bei dem Verfahren gemäß der Erfindung wird eine aktivere Bewegung der reaktiven Ionen in dem Plasma erzeugt. Wie daher in Fig. 3A gezeigt ist, wird der Geschwindigkeitsvektor 23 des reaktiven Ions (CF_3^+) in dem Plasmabereich 21 größer, wodurch der scheinbare Geschwindigkeitsvektor 25 des reaktiven Ions ein Vektor ist, der schräg abwärts zeigt. Daher kann das reaktive Ion direkt auf die Seitenwände des Musters auftreffen. Als Resultat können die an den Seitenwänden des Musters oder Grabens anhaftenden Verunreinigungen effektiv entfernt oder umgewandelt werden.

Vorteilhafterweise kann das Reinigen kontinuierlich durchgeführt werden, ohne daß die Halbleitersubstrate herausgenommen werden und an die Luft gebracht werden müssen, nachdem sie geätzt sind.

Es folgt die Beschreibung von Ausführungsbeispielen anhand der Figuren. Von den Figuren zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Gerätes zum Reinigen von Halbleitern;

Fig. 2A bis 2E Schnittansichten von Schritten zum Bilden eines Verbindungsmusters auf einem Halbleitersubstrat;

Fig. 3A eine Darstellung des Geschwindigkeitsvektors eines reaktiven Ions, das durch Elektronencyclotronresonanz erzeugt wurde;

Fig. 3B eine Darstellung des Geschwindigkeitsvektors eines reaktiven Ions, das durch ein RIE-Gerät erzeugt wurde;

Fig. 4 eine schematische Darstellung eines Halbleiterherstellungsgerätes;

Fig. 5 eine Schnittansicht eines anderen zu behandelnden Substrates;

Fig. 6 eine Schnittansicht eines noch anderen zu behandelnden Substrates;

Fig. 7 eine schematische Ansicht eines bekannten Gerätes für reaktives Ionenätzen;

Fig. 8A bis 8C Schnittansichten von Schritten zum Bilden eines Verbindungsmusters auf einem Halbleiter-substrat gemäß einem bekannten Verfahren;

Fig. 9A ein Diagramm des Verhältnisses der Ionen-temperatur und des Gehaltes von Xe (oder Kr), wenn Xe (oder Kr) zu NF_3 addiert werden;

Fig. 9B ein Diagramm des Verhältnisses der Ionen-temperatur und des Gehaltes von Xe (oder Kr), wenn Xe (oder Kr) zu HCl addiert wird;

Fig. 9C ein Diagramm des Verhältnisses der Ionen-temperatur und des Gehaltes von Xe (oder Kr), wenn Xe (oder Kr) zu HBr addiert wird;

Fig. 9D ein Diagramm des Verhältnisses der Ionen-temperatur und des Gehaltes von Xe (oder Kr), wenn Xe (oder Kr) zu HI addiert wird.

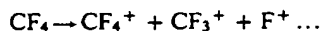
Ein Gerät zur Durchführung des Verfahrens nach einer Ausführungsform (Fig. 1) weist eine Probenkammer 2 zum Aufnehmen eines zu behandelnden Substrates 4 auf. In der Probenkammer 2 ist ein Probenträger 3 vorgesehen, auf dem das zu behandelnde Substrat 4 angeordnet ist. Mit dem oberen Abschnitt der Probenkammer 2 ist eine Plasmaerzeugerkammer 1 zum Erzeugen eines Plasmas darin verbunden. Eine Mikrowelleneinlaßöffnung 5 ist in dem oberen Abschnitt der Plasmaerzeugerkammer 1 vorgesehen. Eine Mikrowellenquelle 6 ist mit der Mikrowelleneinlaßöffnung 5 über einen Wellenleiter 40 verbunden. Die Mikrowellenquelle 6 ist z. B. ein Magnetron oder ein Klystron. Magnetspulen 9a, 9b zum Erzeugen eines Magnetfeldes in der Plasmaerzeugerkammer 1 sind um die Plasmaerzeugerkammer 1 vorgesehen. Ein Gaseinlaßrohr 7 ist mit dem oberen Abschnitt der Plasmaerzeugerkammer 1 verbunden. Ein Behälter 41a, der mit reaktivem Gas gefüllt ist, ist mit dem Gaseinlaßrohr 7 über eine Massenflußsteuerung 42a und ein Ventil 43a verbunden. Ein Behälter 41b, der mit Krypton oder Xenon gefüllt ist, ist ebenfalls mit dem Gaseinlaßrohr 7 über eine Massenflußsteuerung 42b und ein Ventil 43b verbunden. Schließlich ist ein Hilfsbehälter 41c, der mit Fluor, Stickstoff, Wasserstoff oder Ammoniak gefüllt ist, mit dem Gaseinlaßrohr 7 über eine Massenflußsteuerung 41c und ein Ventil 43c verbunden. Eine Auslaßöffnung 8 zum Auslassen von Gas aus der Probenkammer 2 ist in dem unteren Abschnitt der Probenkammer 2 vorgesehen.

Als nächstes wird ein Verfahren zum Umwandeln der an den Seitenwänden eines Musters anhaftenden Verunreinigungen unter Benutzung des oben beschriebenen Gerätes beschrieben.

Die in den Fig. 2A bis 2C gezeigten Schritte sind die gleichen wie die in den Fig. 8A bis 8C gezeigten Schritte, die zum Beispiel mit dem in Fig. 7 gezeigten RIE-Gerät ausgeführt werden. Da dieser Prozeß bereits unter Bezugnahme auf die Fig. 8A bis 8C beschrieben ist, werden die gleichen Bezugszeichen den gleichen oder entsprechenden Abschnitten zugeordnet, und die Beschreibung wird weggelassen.

Wie in Fig. 2C und 1 gezeigt ist, ist das zu behandelnde Substrat 4, das mit einem Verbindungsmuster 16a versehen ist, auf dessen Seitenwänden abgeschiedene Filme 19 anhaften, auf dem Probenträger 3 angeordnet. Als nächstes wird das Gas in der Plasmaerzeugerkammer 1 und der Probenkammer 2 ausreichend durch die Auslaßöffnung 8 herausgezogen. Darauf folgend wird das Ventil 43a geöffnet und das reaktive Gas wird in die

Plasmaerzeugerkammer 1 von dem Behälter 41a für reaktives Gas eingeführt. Gleichzeitig wird das Ventil 43b zum Einführen von Xenon in die Plasmaerzeugerkammer 1 aus dem Behälter 41b geöffnet. Das Flußratenverhältnis des eingeführten Xenons beträgt 25 bis 75% des Gasgemisches, was im folgenden noch genauer unter Bezugnahme auf die Daten beschrieben wird. Das reaktive Gas ist eine Verbindung mit dem Fluorelement wie z. B. CF_4 , SF_6 , NF_3 , CHF_3 . Es kann ebenfalls Krypton anstelle von Xenon eingesetzt werden. Gleichzeitig mit dem Einführen des reaktiven Gases und des Xenons in die Plasmaerzeugerkammer 1 wird das Gas aus der Auslaßöffnung 8 abgesaugt. Durch diese Tätigkeit wird das Innere der Plasmaerzeugerkammer 1 und der Probenkammer 2 auf einem vorbestimmten Druck gehalten (bevorzugt unterhalb 10 Torr). Bei dieser Bedingung wird ein Magnetfeld in der Plasmaerzeugerkammer 1 durch die Magnetspule 9a, 9b erzeugt. Mikrowellen werden in die Plasmaerzeugerkammer 1 durch den Wellenleiter 40 von der Mikrowellenquelle 6 zugeführt. Die Stärke des Magnetfeldes beträgt 875 Gauss zum Beispiel, und dann beträgt die Frequenz der Mikrowelle 245 GHz, zum Beispiel. Auf diese Weise absorbieren die Elektronen des reaktiven Gases Energie von der Mikrowelle, wodurch die Gasmoleküle ionisiert werden. Dieses wird Elektronencyclotronresonanz genannt, die ein Plasmagebiet 20 in der Plasmaerzeugerkammer 1 erzeugt. Wenn das reaktive Gas CF_4 ist, werden die folgenden reaktiven Ionen erzeugt:



Wie in Fig. 3A gezeigt ist, sind die Teile oder Elemente, die mit den Bezugszeichen 4, 21 – 25 bezeichnet sind, vollständig die gleichen wie die in Fig. 3B beschriebenen, so daß deren Beschreibung nicht wiederholt wird.

Im allgemeinen ist die Temperatur der Ionen in dem durch Elektronencyclotronresonanz erzeugten Plasma deutlich höher (ungefähr 2 eV) als die der Ionen in dem in einem RIE-Gerät erzeugten Plasma (ungefähr 0,5 eV). Obwohl der Grund dafür noch nicht ganz verstanden ist, erhöht sich die Ionentemperatur weiterhin (ungefähr 4 eV), wenn Krypton oder Xenon in das reaktive Gas gemischt wird. Fig. 9A ist ein Diagramm, das die Beziehung der Ionentemperatur und des Gehalts (in einem Flußratenverhältnis ausgedrückt) von Xe (oder Kr) für den Fall zeigt, wenn Xe (oder Kr) zu dem NF_3 hinzugefügt wird. Wie deutlich aus der Figur zu sehen ist, kann erkannt werden, daß die Ionentemperatur steigt, wenn Xe (oder Kr) zu NF_3 hinzugefügt wird. Aus der Figur kann bestimmt werden, daß das Flußratenverhältnis von Xe (oder Kr) im Bereich von 25 bis 75% liegt. Die Daten sind unter den Bedingungen eines Gasdruckes von 0,5 mTorr, einer Mikrowellenleistung von 400 W erzielt. Wie in den Fig. 9B bis 9D gezeigt ist, sind selbst bei dem Einsatz von HCl , HBr , HI ähnliche Resultate zu erhalten.

Nun wird der scheinbare Geschwindigkeitsvektor 25 eines reaktiven Ions (CF_3^+) als Summe des Geschwindigkeitsvektors 23 des reaktiven Ions in dem Plasmabereich 21 und des Geschwindigkeitsvektors 24 des in dem Hüllbereich 22 beschleunigten reaktiven Ions bestimmt. Wie in Fig. 3B gezeigt ist, ist der Geschwindigkeitsvektor 23 viel kleiner als der Geschwindigkeitsvektor 24, da die Temperatur der reaktiven Ionen in dem Plasma in einem RIE-Gerät gering ist. Folglich treffen die reaktiven Ionen (CF_3^+) senkrecht auf die Oberfläche des zu behandelnden Substrates 4 auf.

Dagegen, wie in Fig. 3A gezeigt ist, wird der Geschwindigkeitsvektor 23 größer, da die Ionentemperatur der durch Elektronencyclotronresonanz erzeugten reaktiven Ionen (CF_3^+) und die Zugabe von Xenon oder Krypton hoch ist. Als Resultat zeigt der scheinbare Geschwindigkeitsvektor 25 (ein Vektor, der durch Addieren der Geschwindigkeitsvektoren 23 und 24 erhalten wird) des reaktiven Ions (CF_3^+) schräg abwärts. Folglich können, wie in Fig. 2C gezeigt ist, die reaktiven Ionen (CF_3^+) auf die Seitenwände des Verbindungsmusters 16a und des Photolacks 15 auftreffen. Folglich werden, wie in Fig. 2D gezeigt ist, die Chloratome in den abgeschiedenen Filmen 19, die auf den Seitenwänden des Verbindungsmusters 16a und des Photolacks 15 anhaften, effektive durch Fluoratome ersetzt, so daß die abgeschiedenen Filme 19 in der Art oder Qualität geändert werden. Die umgewandelten Filme 19 emittieren kein HCl, selbst wenn sie mit Feuchtigkeit in der Luft reagieren, so daß sie nicht das Verbindungsmuster 16a korrodieren.

Darauffolgend wird das zu behandelnde Substrat 4, bezugnehmend auf Fig. 2D und 2E, in ein Veraschungsgerät (nicht gezeigt) gebracht zum Veraschen und Entfernen des Photolacks 15. Dadurch wird ein Halbleitersubstrat 18 erhalten, auf dem ein Verbindungsmuster 16a gebildet ist.

In dem oben beschriebenen Ausführungsbeispiel ist ein Fall beschrieben, in dem der abgeschiedene Film 19 durch Anwendung eines reaktiven Gases vom Fluortyp umgewandelt ist, aber die Erfindung ist nicht darauf beschränkt. Der abgeschiedene Film 19 kann ebenfalls durch Ätzen durch ein geeignet ausgewähltes reaktives Gas entfernt werden.

Ebenfalls kann gleichzeitig mit dem Einführen des reaktiven Gases in die Plasmaerzeugerkammer 1 auch O_2 , N_2 , H_2 oder NH_3 in die Plasmaerzeugerkammer 1 von dem Hilfsbehälter 41c eingeführt werden. Das Beimischen von O_2 hat den Effekt, daß der Kohlenstoff in dem abgeschiedenen Film 19 entfernt wird. Das Beimischen von NH_3 hat den Effekt, daß Chlorionen neutralisiert werden. Das Beimischen von N_2 , H_2 hat den Effekt, daß ein natürlicher auf dem zu behandelnden Substrat 4 gebildeter Oxidfilm ebenfalls entfernt wird.

In der oben beschriebenen Ausführungsform ist ein Fall beschrieben, in dem eine Ätzkammer und eine Reinigungskammer diskrete Einheiten sind, die in einem Abstand voneinander angeordnet sind. In der oben beschriebenen Ausführungsform wird das zu behandelnde Substrat aus der Ätzkammer herausgenommen und an die Luft gebracht, nachdem ein Aluminiumlegierungsfilm in der Ätzkammer mit einem Muster versehen worden ist. Darauffolgend wird der Reinigungsprozeß durchgeführt, nachdem das zu behandelnde Substrat in ein Reinigungsgerät gebracht ist. Bei diesem Fall hat es das Problem gegeben, daß der abgeschiedene Film mit Feuchtigkeit in der Luft zum Erzeugen von HCl reagiert, wenn das zu behandelnde Substrat an die Luft gebracht ist. Das in Fig. 4 gezeigte Gerät zur Durchführung des Verfahrens ist auf das Lösen dieses Problems ausgerichtet.

Dieses Gerät weist eine Reinigungskammer 46 auf. In der Reinigungskammer 46 werden die an den Seitenwänden eines Musters oder eines Grabens anhaftenden Verunreinigungen entfernt oder verwandelt durch Elektronencyclotronresonanz, wie in Fig. 1 gezeigt ist. Eine Vakuumkammer 45, in der ein Vakuum erzeugt werden kann, ist mit der Reinigungskammer 46 verbunden. Eine Ätzkammer 44, in der Ätzen zum Bilden von Mustern

oder Gräben darin durchgeführt werden kann, ist mit der Vakuumkammer 45 verbunden. Eine Veraschungskammer 47, in der Photolacke verascht werden können, ist mit der Vakuumkammer 45 verbunden. Eine Transportvorrichtung 48 zum Transportieren des zu behandelnden Substrates ist unter Vakuumbedingungen zwischen der Reinigungskammer 46, der Vakuumkammer 48, der Ätzkammer 44 und der Veraschungskammer 47 ist in der Vakuumkammer 45 vorgesehen.

Als nächstes wird eine andere Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens unter Verwendung dieses Gerätes beschrieben.

In der Ätzkammer 44 werden die in Fig. 2A bis 2C gezeigten Reinigungsschritte durchgeführt. Als nächstes wird, wobei Vakuum in der Vakuumkammer 45 gebildet ist, die Transportvorrichtung 48 zum Transportieren des zu behandelnden Substrates 4 zu der Vakuumkammer 45 angetrieben und danach zum Führen des zu behandelnden Substrates 4 zu der Reinigungskammer 46. Der in Fig. 2D gezeigte Reinigungsschritt wird in der Reinigungskammer 46 durchgeführt. Als nächstes wird die Transportvorrichtung 48 zum Transportieren des zu behandelnden Substrates 4 zu der Vakuumkammer 45 angetrieben und dann zum Führen des zu behandelnden Substrates 4 zu der Veraschungskammer 47. In der Veraschungskammer 47 wird der in Fig. 2E gezeigte Veraschungsschritt durchgeführt. Wenn dieses Gerät benutzt wird, kommt das zu behandelnde Substrat 4 nicht in Kontakt mit Luft, wenn es von der Ätzkammer 44 zu der Reinigungskammer 46 bewegt wird. Folglich wird beim Transportieren des zu behandelnden Substrates HCl nicht aus dem abgeschiedenen Film erzeugt.

Bei der oben gezeigten Ausführungsform wird ein Reinigungsverfahren zum Entfernen oder Umwandeln von an den Seitenwänden eines Verbindungsmusters haftenden Verunreinigungen dargestellt, aber die Erfindung ist nicht darauf beschränkt, und es ist möglich, die Erfindung auf ein Verfahren zum Entfernen von an den Seitenwänden eines Grabens anhaftenden Verunreinigungen einzusetzen.

Wie in Fig. 5 gezeigt ist, ist ein Graben 50 in einem Siliciumsubstrat 49 gebildet. Eine Verunreinigung 51, die durch SiCl_x bezeichnet ist, ist auf der Seitenwand des Grabens 50 gebildet. Eine solche Verunreinigung 51 haftet an der Seitenwand des Grabens 50, da ein reaktives Gas vom Halogentyp eingesetzt ist, wenn ein Graben in einem Siliciumsubstrat 49 gebildet werden soll. Damit die Verunreinigung 51 entfernt werden kann, wird das Siliciumsubstrat 49 in das in Fig. 1 gezeigte Reinigungsgerät gebracht. Darauffolgend wird durch das Ausführen von Elektronencyclotronresonanz unter Einsatz eines reaktiven Gases wie CF_4 -Gas sowie von Xenon oder Krypton die an der Seitenwand des Grabens 50 anhaftende Verunreinigung 51 entfernt, indem sie zu SiF_4 wird. Der Mechanismus ist der gleiche, wie der unter Fig. 3A beschriebene, so daß die Beschreibung hier nicht wiederholt wird.

Die Erfindung kann auch zum Entfernen von an der Seitenwand eines Grabens wie in Fig. 6 gezeigt anhaftenden Verunreinigungen benutzt werden (in diesem Fall also ein Durchgangsloch). Wie in Fig. 6 gezeigt ist, ist eine erste Aluminiumverbindungsschicht 53 auf einem Substrat 52 gebildet. Ein SiO_2 -Film 54 ist auf der ersten Aluminiumverbindungsschicht 53 gebildet. Ein Durchgangsloch 55 zum Freilegen eines Teiles der Oberfläche der ersten Aluminiumverbindungsschicht 54 ist in dem SiO_2 -Film 54 gebildet. Wenn das Durchgangsloch 55 gebildet wird, haften Verunreinigungen 56 an

der Seitenwand des Durchgangsloches 55. Zum Entfernen der Verunreinigung 56 wird das Substrat 52 in das in Fig. 1 gezeigte Reinigungsgerät gebracht. Darauf-
folgend wird durch Ausführen von Elektronencyclotron-
resonanz unter Einsatz eines reaktiven Gases wie CF_4 und
von Xenon oder Krypton die an der Seitenwand des
Durchgangsloches 55 haftende Verunreinigung 56 ät-
zentfernt.

Bei der oben beschriebenen Ausführungsform ist ein
Fall dargestellt, in dem eine Verbindung mit Fluorato-
men als reaktives Gas benutzt ist, aber die Erfindung ist
nicht darauf begrenzt. Es können auch Verbindungen
benutzt werden, die Chloratome enthalten, Verbindun-
gen, die Bromatome enthalten, oder Verbindungen, die
Jodatome enthalten.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Reinigen von Halbleitereinrich-
tungen durch Entfernen und Umwandeln von an
einer Seitenwand eines Musters (16a) oder eines
Grabens (50, 55) anhaftenden Verunreinigungen
(19, 51, 56) mit den Schritten:

Anordnen eines zu behandelnden Substrates (4),
auf dem das Muster (16a) oder in dem der Graben
(50, 55) gebildet ist, in einem Prozeßbehälter (1, 2),
Einleiten eines reaktiven Gases zum Erzeugen von
die Verunreinigungen (19, 51, 56) entfernenden
oder umwandelnden reaktiven Ionen, die mit den
an der Seitenwand des Musters (16a) oder des Gra-
bens (50, 55) anhaftenden Verunreinigungen (50,
51, 56) reagieren, in den Prozeßbehälter (1, 2),
Einleiten von Xenon oder Krypton mit einem Fluß-
ratenverhältnis von Xenon bzw. Krypton in dem
Gasgemisch von 25 bis 75% zusammen mit dem
reaktiven Gas in den Prozeßbehälter (1, 2),
Erzeugen eines Plasmas durch Elektronencyclo-
tronresonanz zum Erzeugen der reaktiven Ionen in
dem in den Prozeßbehälter (1, 2) eingeleiteten Gas-
gemisch.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das reaktive
Gas ein Gas mit Atomen enthält, die aus der Grup-
pe gewählt werden, die aus Fluor, Chlor, Brom und
Jod besteht.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei ferner
ein Gas, das aus der Gruppe gewählt wird, die aus
Sauerstoff, Stickstoff, Wasserstoff und Ammoniak
besteht, in das reaktive Gas gemischt wird und daß
ein Plasma dieses Gasgemisches durch die Elektro-
nencyclotronresonanz gebildet wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
wobei das Erzeugen des Plasmas des Gasgemisches
durch die Elektronencyclotronresonanz die Schrit-
te aufweist:

Zuführen von Mikrowellen in den Prozeßbehälter
(1, 2), in den das Gasgemisch eingeführt wird, und
Erzeugen eines Magnetfeldes in dem Prozeßbehäl-
ter (1, 2).

Hierzu 9 Seite(n) Zeichnungen

60

65

- Leerseite -

FIG.1

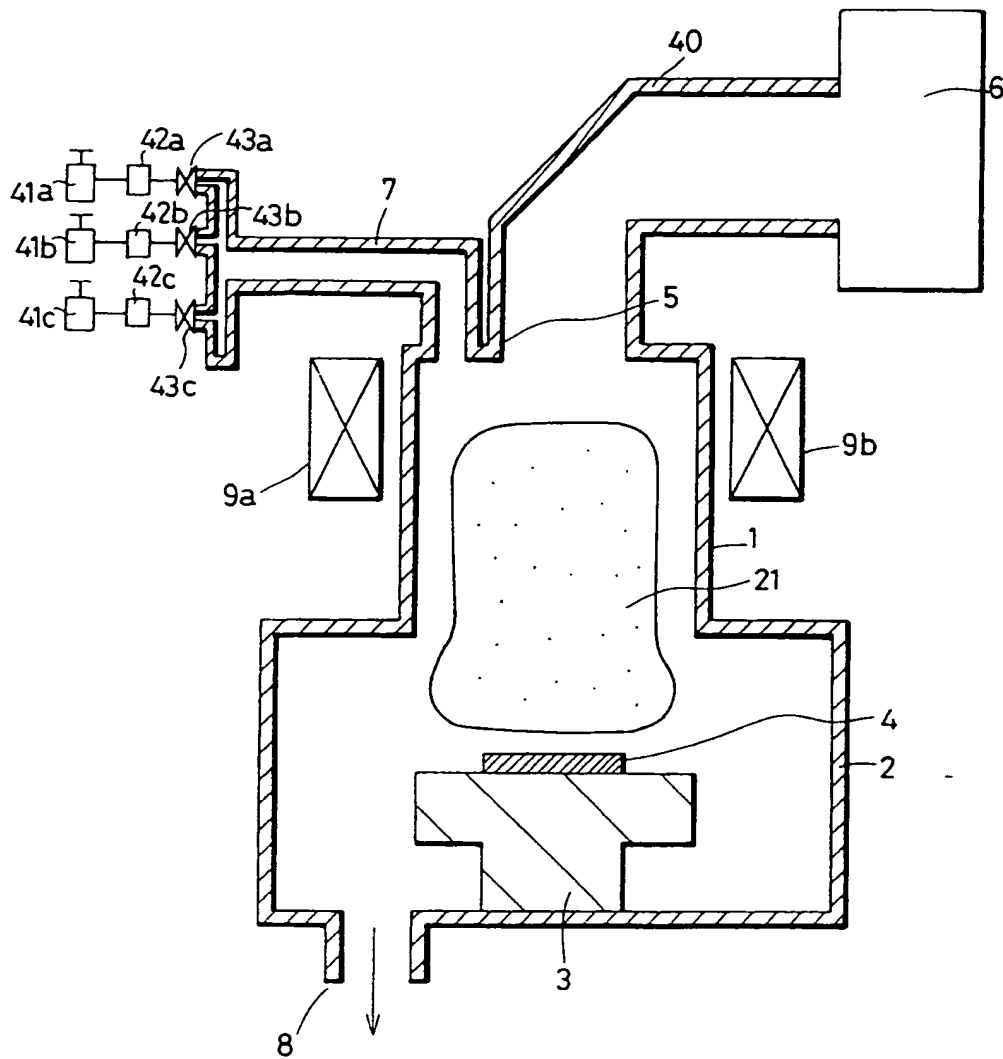


FIG. 2A

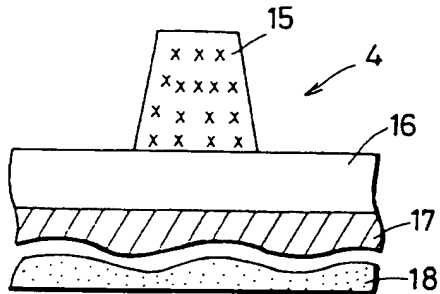


FIG. 2D

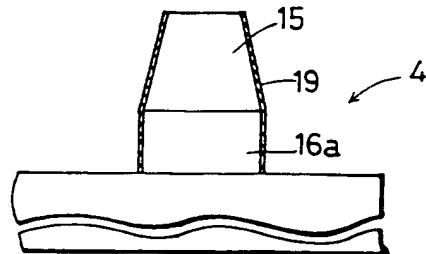


FIG. 2B

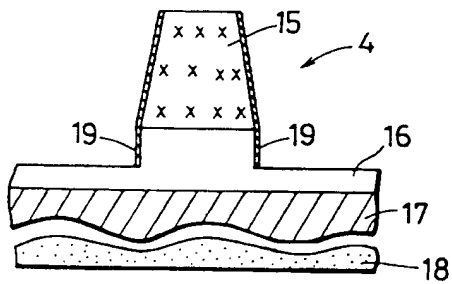


FIG. 2E

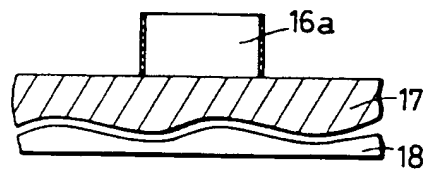


FIG. 2C

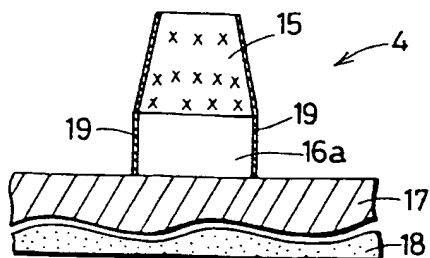


FIG.3A

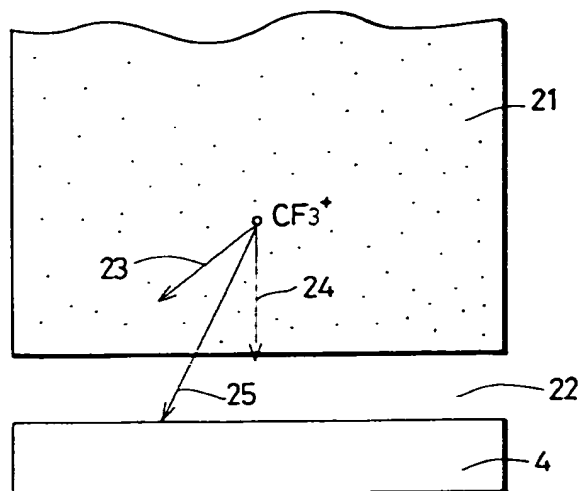


FIG.3B

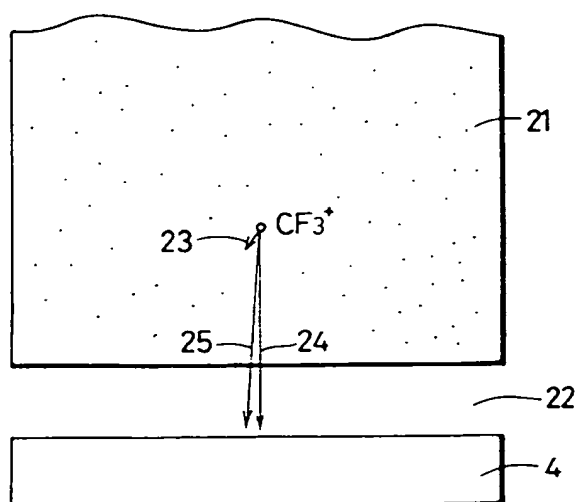


FIG.4

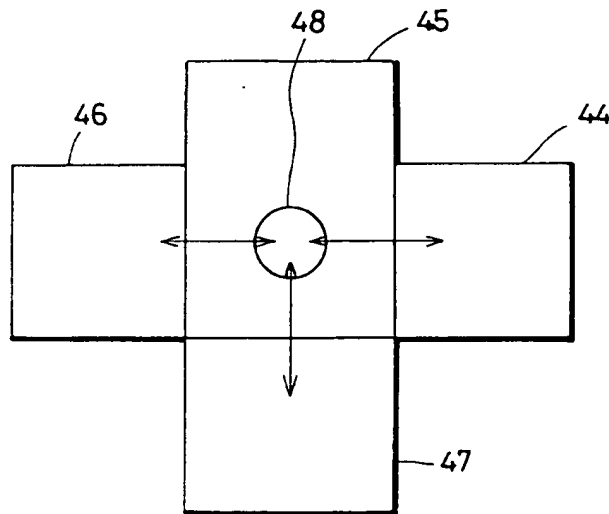


FIG.5

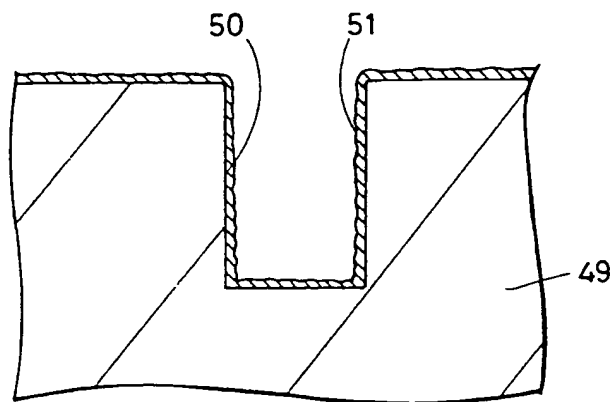


FIG.6

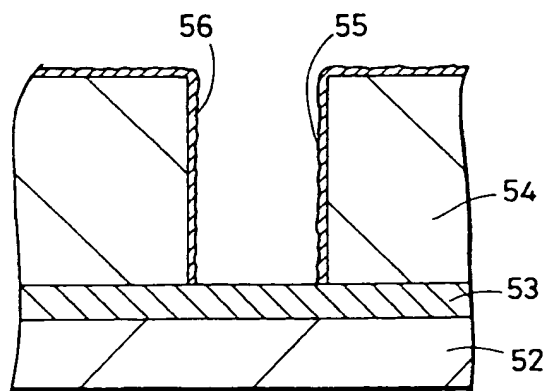


FIG. 7

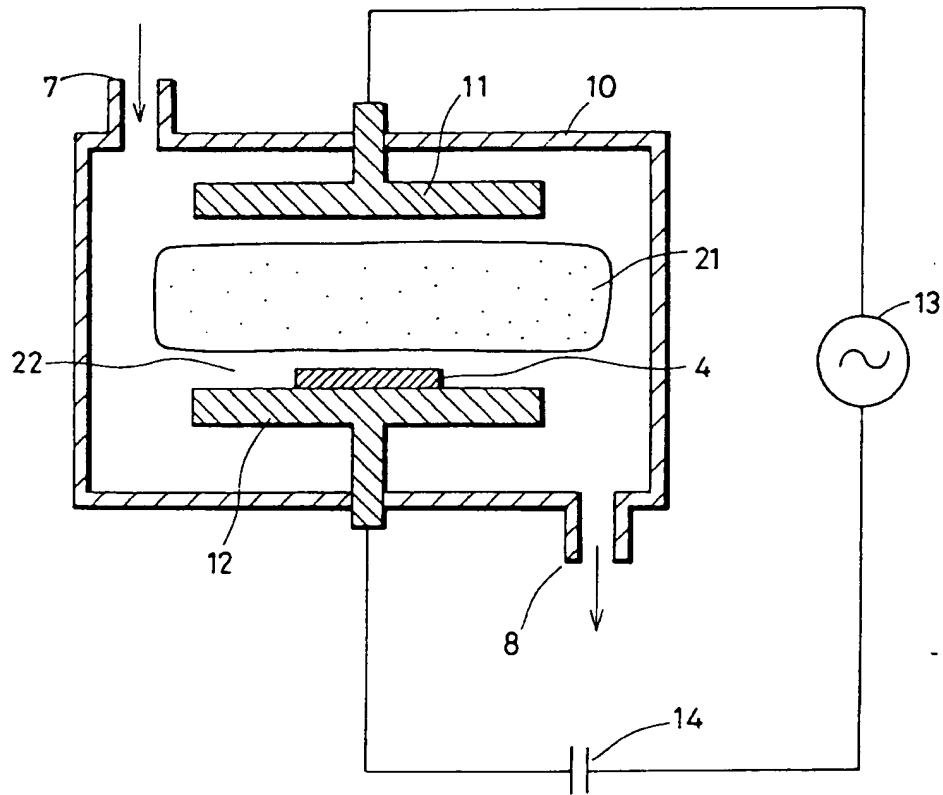


FIG. 8A

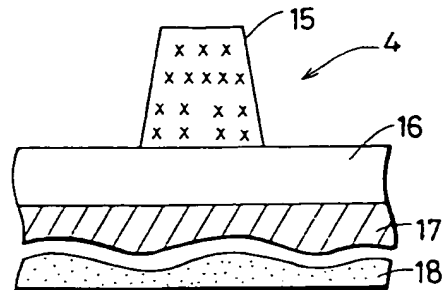


FIG. 8B

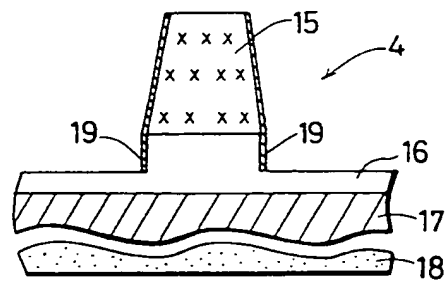


FIG. 8C

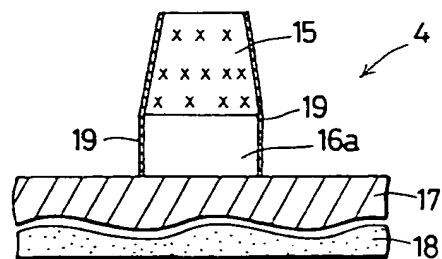


FIG.9A

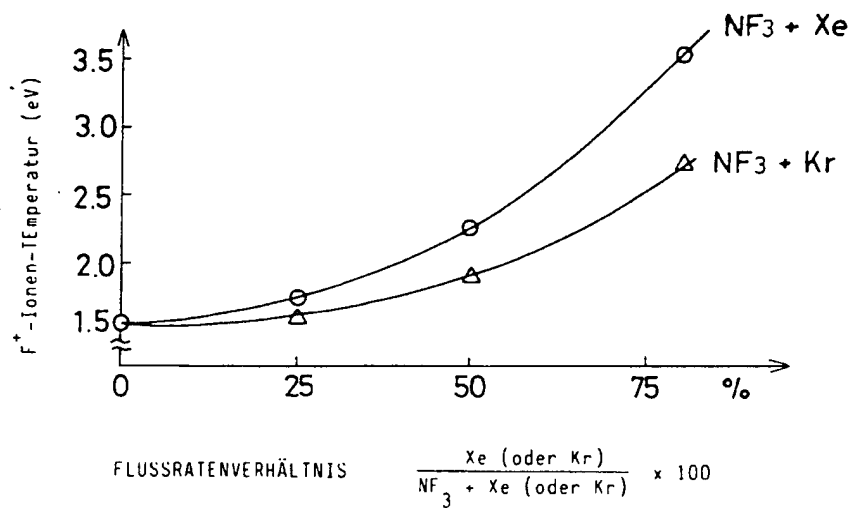


FIG.9B

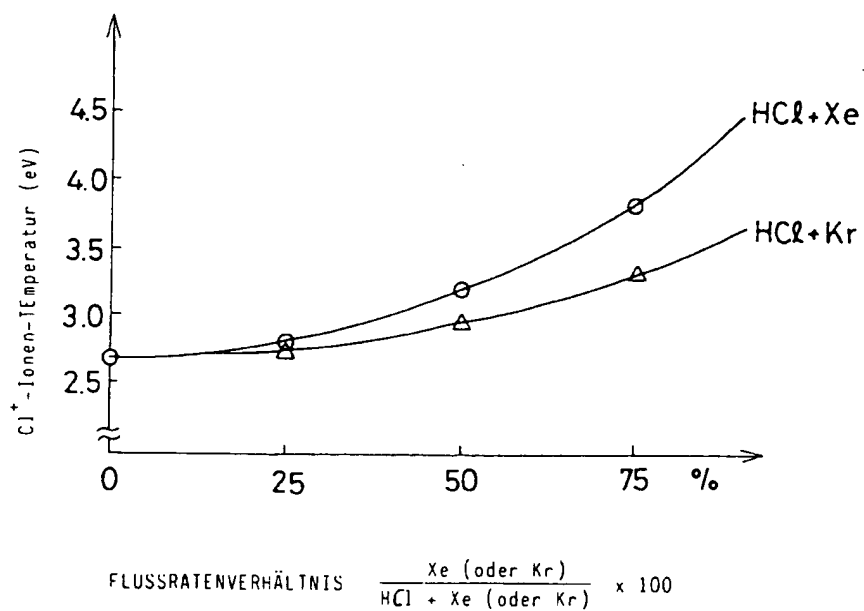


FIG.9C

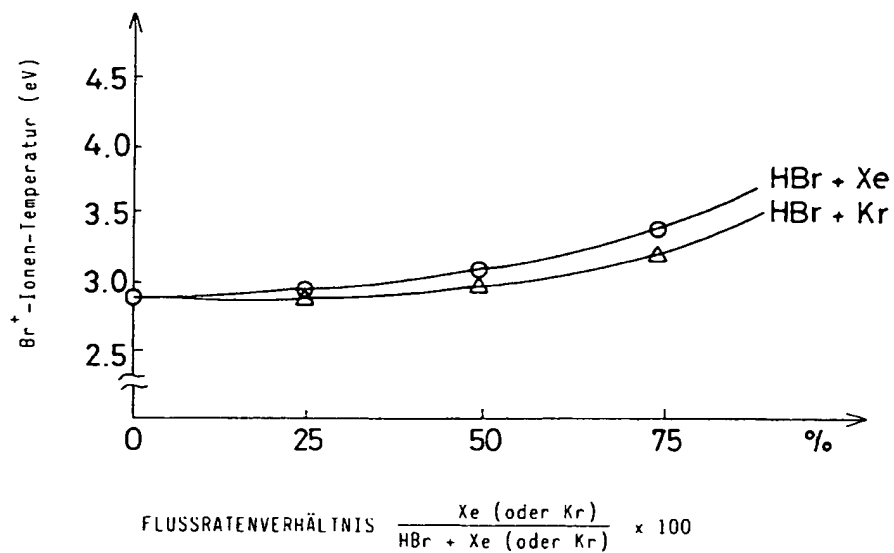
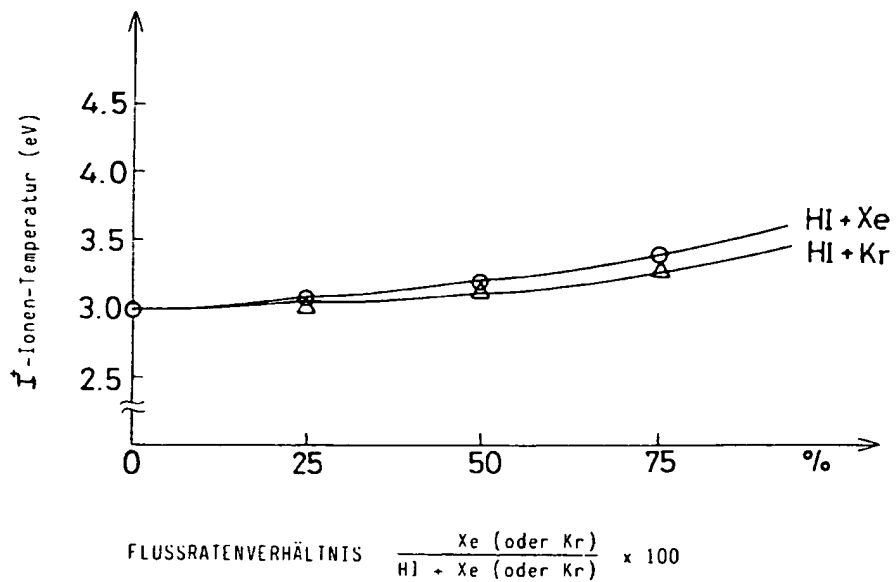


FIG.9D



This Page is inserted by IFW Indexing and Scanning Operations and is not part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ BLACK BORDERS
- ☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☒ COLORED OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REPERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning documents *will not* correct images problems checked, please do not report the problems to the IFW Image Problem Mailbox

This Page Blank (uspto)